

## 光スイッチ

This application claims benefit of Japanese Application No.2002-173320 filed in Japan on June 13 ,the contents of which are incorporated by this reference.

### BACKGROUND OF THE INVENTION

#### 1.Field of the Invention

この発明は、光通信等に用いられる光路を切り換える光スイッチに関し、さらに詳しくは、入力すべき1または複数の入力用光ファイバから出射する光通信用の光を、光路切換素子により光路を切り換えて出力すべき先の出力用光ファイバに入射させる光スイッチである。

#### 2.Description of Related Art

従来、この種の光通信等に用いられる光スイッチとしては、1つあるいは所望の複数の入力用光ファイバから出射される光通信用の光を、光路切換素子により光路を切り換えて1つあるいは所望の出力用光ファイバに入射させる装置として提供されている（例えば、特開2001-174724号公報）。

図17は上述した従来の光スイッチを示す構成図である。図18は従来の光スイッチに用いられる関連技術としてのマイクロ電子機械システム（MEMS）ミラー列の一例を示す平面図である。

図17において、光スイッチ200は、入力用光ファイバ列212と、入力用レンズ列214と、第1のMEMSミラー列218と、第2のMEMSミラー列222と、出力用レンズ列226と、出力用光ファイバ列228とを有して構成されている。ここで、入力用光ファイバ列212及び出力用光ファイバ列228は、説明を容易にするため、それぞれ4本の入力用光ファイバ列212a～212d及び出力用レンズ228a～228dで示してある。

図18において、第1のMEMSミラー列218または第2のMEMSミラー

列 2 2 2 を構成するミラー列 4 1 0 は、スプリング 4 1 4 に搭載された傾斜ミラー 4 1 2 がアレイ状にベース 4 1 6 上に配置されてなる。また、前記各傾斜ミラー 4 1 2 は、図示しない各電極によりそれぞれ制御されるようになっている。

このようなミラー列 4 1 0 を有する第 1 の MEMS ミラー列 2 1 8 または第 2 の MEMS ミラー列 2 2 2 を備えた前記光スイッチ 2 0 0 の作用を簡単に説明する。

上記光スイッチ 2 0 0 は、複数の入力用光ファイバ列 2 1 2 を介して、光学信号 2 0 8 を受光する。入力用光ファイバ列 2 1 2 は、コリメートレンズとしての入力用レンズ列 2 1 4 に光学信号 2 0 8 を送る。入力用レンズ列 2 1 4 は、光学信号 2 0 8 からペンシルビーム 2 1 6 a ～ 2 1 6 d を生成する。ペンシルビーム 2 1 6 a ～ 2 1 6 d は入力用光ファイバ列 2 1 2 a ～ 2 1 2 d で搬送された信号から生成される。

第 1 の MEMS ミラー列 2 1 8 は、ビーム 2 1 6 を受光すると、各ミラー素子の傾斜角に応じて反射する。反射されたビームは、第 2 の MEMS ミラー列 2 2 2 内の特定のミラー素子に選択的に向けられる。例えば、ペンシルビーム 2 1 6 a に基づいて、反射ビーム 2 2 0 a から反射ビーム 2 2 0 a' ままで生成される。同様に、例えばペンシルビーム 2 1 6 d に基づいて、反射ビーム 2 2 0 d から反射ビーム 2 2 0 d' ままで生成される。これらのビームは、第 2 の MEMS ミラー列 2 2 2 のミラー素子によって受光され、ビーム 2 2 4 として出力用レンズ列 2 2 6 に向けて反射される。出力用光ファイバ列 2 2 8 は、出力用レンズ列 2 2 6 により集光された光を受光して、光学信号 2 2 9 として伝送する。

光スイッチ 2 0 0 は、各出力用光ファイバが、出力ミラー列内のミラーに 1 対 1 に対応するようにマッピングされている。このときにはシングルモードファイバが必要であるが、その理由は、パワー損失を低く押さえるために入力ビームと出力ビームが光ファイバの軸と同軸で整合するのに必要な開口数が小さいためである。

ところで、光通信の伝送経路や伝送装置においては、その間の光量損失を少なくすることが重要である。すなわち、出力用レンズ列により形成される集光されたビームが出力用光ファイバのコア部に入射されるようにすることにより、出力

用光ファイバにビームを結合させることが重要である。

このとき、集光されたビームとコアとに係る相対位置と相対傾きとがずれると、出力用光ファイバに結合するビームの光量損失が大きくなる。

例えば、上述した従来の光スイッチのように入力用光ファイバから出力用光ファイバに至る2つの傾くミラーの角度に誤差があると、出力用レンズ列により形成される集光されたビームが出力用ファイバのコア部に対して、位置および／または傾きがずれてしまい、大きな光量損失が発生することになる。

しかし、上述したような従来の光スイッチによれば、光路切換素子であるミラーの角度を適切に設定する点についての記載がなく、大きな光量損失が発生する可能性があった。

## SUMMARY OF THE INVENTION

この発明の目的は、光路切換素子を適正に制御することにより伝送される通信用の光の光量損失を少くした光スイッチを提供するにある。

簡略にこの発明は、1または複数の入力用光ファイバの内の入力すべき前記入力用光ファイバから出射する光通信用の光を1または複数の出力用光ファイバの内の出力すべき前記出力用光ファイバに入射させるために光路を切り換える光路切換素子と、受光センサと、前記出力用光ファイバに入射させる光を前記受光センサに導く導光手段と、前記受光センサで得た検出信号に基づいて前記光路切換素子の角度を制御する制御手段と、を含む光スイッチである。

また、この発明は、1または複数の入力用光ファイバの内の入力すべき前記入力用光ファイバから出射する光通信用の光を1または複数の出力用光ファイバの内の出力すべき前記出力用光ファイバに入射させるために光路を切り換える光路切換素子と、受光センサと、前記出力用光ファイバに入射させる光を前記受光センサに導く導光手段と、前記受光センサで得た検出信号に基づいて前記光路切換素子の角度を調整させることにより前記光の相対位置と角度との少なくとも一方を調整し得る制御手段と、を含む光スイッチである。

The above and other objects, features and advantages of the invention will become more clearly understood from the following description referring to the accompanying drawings.

## BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る光通信用の光スイッチの全体構成例を示す図。

図 2 は、図 1 に示す光スイッチで使用する第 2 のガルボユニットの一構成例を説明するための分解斜視図。

図 3 は、図 1 に示す光スイッチで使用する第 2 のガルボユニットを長手方向に切って示す断面図。

図 4 は、図 1 に示す光スイッチで使用する第 2 のガルボユニットの要部を示す斜視図。

図 5 は、図 1 に示す光スイッチで使用する第 2 のガルボユニットの角度検出センサからの検出信号を処理する処理回路を示す回路図。

図 6 は、図 1 に示す光スイッチで使用する第 1 のガルボユニットの一構成例を説明するための分解斜視図。

図 7 は、図 1 に示す光スイッチで使用する第 1 のガルボユニットを短軸方向に切って示す断面図。

図 8 は、図 1 に示す光スイッチで使用するガルボアレーの要部、受光センサ、導光手段及び制御手段を示す斜視図。

図 9 は、図 1 に示す光スイッチで使用する制御手段の一部構成例を示すブロック図。

図 10 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る光スイッチの作用を説明するための図。

図 11 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る光スイッチであって導光手段及び受光センサの他の構成を示す分解斜視図。

図 1 2 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る光スイッチであって導光手段と受光センサと出力用光ファイバとの関係を示す斜視図。

図 1 3 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る光スイッチであって導光手段と受光センサと出力用光ファイバとを組み付けた状態を示す断面を含む側面図。

図 1 4 は、本発明の第 3 の実施の形態に係る光スイッチであって、出力側レンズ、導光手段、受光センサ、及び出力用光ファイバの関係を説明するための斜視図。

図 1 5 は、本発明の第 4 の実施の形態に係る光スイッチであって、出力側レンズ、出力用光ファイバ、導光手段、及び受光センサ等の構成を示す図。

図 1 6 は、発明の第 4 の実施の形態に係る光スイッチであって、受光センサから得られる検出信号とその波形を説明するための図であり、横軸に検出光の位置を、縦軸に検出信号の振幅をそれぞれとった図。

図 1 7 は、従来の光スイッチを示す構成図。

図 1 8 は、従来の光スイッチに用いられる関連技術としてのマイクロ電子機械システム（MEMS）ミラー列の一例を示す平面図。

## DETAILED DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENT (S)

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

### 〔第 1 の実施の形態〕

図 1 ～図 1 0 は本発明の第 1 の実施の形態に係る光スイッチを説明するための図である。

まず、本発明の第 1 の実施の形態に係る光スイッチの構成について説明することにする。ここに、図 1 は本発明の第 1 の実施の形態に係る光通信用の光スイッチの全体構成例を示す図である。図 2 は図 1 に示す光スイッチで使用する第 2 のガルボユニットの一構成例を説明するための分解斜視図である。図 3 は図 1 に示す光スイッチで使用する第 2 のガルボユニットを長手方向に切って示す断面図である。図 4 は図 1 に示す光スイッチで使用する第 2 のガルボユニットの要部を示

す斜視図である。図 5 は図 1 に示す光スイッチで使用する第 2 のガルボユニットの角度検出センサからの検出信号を処理する処理回路を示す回路図である。図 6 は図 1 に示す光スイッチで使用する第 1 のガルボユニットの一構成例を説明するための分解斜視図である。図 7 は図 1 に示す光スイッチで使用する第 1 のガルボユニットを短軸方向に切って示す断面図である。図 8 は図 1 に示す光スイッチで使用するガルボアレーの要部、受光センサ、導光手段及び制御手段を示す斜視図である。図 9 は図 1 に示す光スイッチで使用される制御手段の一部構成例を示すブロック図である。

(光スイッチ 1 の全体構成について)

まず、図 1 を参照しながら、本発明の第 1 の実施形態に係る光スイッチの一例の全体構成を説明する。

この図 1 において、本発明の第 1 の実施形態に係る光スイッチ 1 は、大別すると、当該スイッチ本体に固定された一つまたは複数の入力用光ファイバ 3 と、前記入力用光ファイバ 3 の後段に設けられ前記入力用光ファイバ 3 から入射された光を平行光にする入力側レンズ 5 と、前記入力側レンズ 5 の後段に設けられた光路切換素子である 2 台の第 2 のガルボユニット 7 A、7 B と、前記第 2 のガルボユニット 7 B の後段に設けられた光路変更用の 1 台の第 1 のガルボユニット 9 と、前記第 1 のガルボユニット 9 の後段に設けられ通信用の光の一部を後述する受光センサ 11 に導く導光手段 13 と、前記導光手段 13 の後段に設けられ前記導光手段 13 を介して入射される通信用の光を集光する出力側レンズ 15 と、前記出力側レンズ 15 で集光された通信用の光を受光する複数の出力用光ファイバ 17 と、前記導光手段 13 により導かれた光を受光し検出信号を出力する受光センサ 11 と、この受光センサ 11 からの検出信号に基づいて前記光路切換素子の角度を制御し得る制御手段 19 と、を有して構成されている。

ここで、前記導光手段 13 は、前記第 1 のガルボユニット 9 の後段であって前記出力側レンズ 15 の直前に配置するのが望ましいが、前記光路切換素子の第 2 のガルボユニット 7 A の後段または第 2 のガルボユニット 7 B の後段に配置することも可能である。前記受光センサ 11 は、要は、少なくとも一つの光路切換素子（第 2 のガルボユニット 7 A または 7 B）から出力される光の傾きや位置等を

有効に検出できるようにしてあればよい。

さらに各構成要素を説明する。ここに、本発明の第1の実施の形態に係る光スイッチ1は、以下の説明を容易にするために、入力が2チャンネル、出力が2チャンネルの2×2の光スイッチとして構成されたものを例に挙げて説明することにする。入力用の4本の光ファイバの内の2本の信号光を出力用の4本の光ファイバの内の2本を用いてその2本の光路を選択して切り換えるものとする。

また、本発明の第1の実施の形態に係る光スイッチ1では、説明を簡単にするために、入力用光ファイバ3及び出力用光ファイバ17はそれぞれ4本で構成された入力用光ファイバ3a～3d及び出力用光ファイバ17a～17dとし、前記出力用光ファイバ17a～17dまでの光路が入力用光ファイバ3a～3dの配列方向に対して平行方向になるように配置されているものとする。

これに応じて、入力側レンズ5は入力側レンズ5a～5d、出力側レンズ15は出力側レンズ15a～15d、となっているものとする。

前記第1のガルボユニット9は、詳細は後述するが、4つのミラー面91を有するガルバノミラー92a～92dがアレー状に構成されたものとして説明することにする。

また、同様に、前記第2のガルボユニット7A、7Bは、それぞれ4つのガルバノミラー72a～72dがアレー状に構成されたものとして説明することにする。

さらに、前記第1のガルボユニット9及び第2のガルボユニット7A、7Bは、上述したように2本の光路が存在するのみであるために、本来なら2つのガルバノミラーがあればよいが、本実施の形態では、上述したように、各第1のガルボユニット9または第2のガルボユニット7A、7Bも4つのガルバノミラーを設けている。したがって、第1のガルボユニット9または第2のガルボユニット7A、7Bとも、ガルバノミラーの数量は2倍の余裕をもたせている。

また、前記受光センサ11は、各チャンネル毎に、受光センサ11a～11dを有して構成されている。

次に、上述した光スイッチ1を構成する各構成要素の詳細について当該図面を参照しながら説明する。

(第2のガルボユニット7A、7Bの構造について)

次に、図2～図4を参照して第2のガルボユニット7Aまたは7Bの構造について説明する。本第1の実施の形態においては、第2のガルボユニット7A及び7Bは、全く同じユニットを使用しているために、第2のガルボユニット7Aについてのみ説明し、第2のガルボユニット7Bの説明を省略する。

前記第2のガルボユニット7Aは、ミラープレート70と、このミラープレート70に回動軸71を回動中心に回動可能にかつ前記回動軸71に対して垂直方向に線状に配列して設けた4つのガルバノミラー72a～72dとを備え、前記4つのガルバノミラー72a～72dがアレー状に配置された状態で構成されている。前記第2のガルボユニット7Aは、図2及び図3に示すように、方形箱状のハウジング73の収容部74に、前記収容部74の平面積よりやや小さい平面積を有するヨーク75が、図示上側にマグネット76を固定した状態で、収納されて固定されている。前記マグネット76の図示上側には、前記収容部74の長手方向とほぼ同じ長さで、前記収容部74の短辺方向長さよりも相当短い長さの傾斜角検出センサユニット77が固定されている。前記傾斜角検出センサユニット77は、ポリイミド、アルミ、シリコン、セラミック等で形成されたベース上に、発光ダイオード(LED)78と、受光面が図4に示すように分割されたフォトダイオード(PD)79と、を所定の間隔を隔てて固定し構成されたユニットが、4つのガルバノミラー72a～72dに各対応して設けられている。なお、前記ガルバノミラー72a～72dは、マグネット76に対向するように配置され、かつ、回動軸71によりミラープレート70に対して傾斜(回動)可能にされているために、可動部を構成する4つのミラー面80a～80dが傾き可能に構成されていることになる。

なお、4つのミラー面80a～80dは、ステンレス、ガリウムヒ素ポリシリコンまたは単結晶シリコンの薄板により構成されたミラープレート70を、図2、図3及び図4に示す形状にエッチング加工することにより、形成されたものである。この場合、正方形または長方形の板状の各ミラー面80a～80dは、その上辺と下辺の左右方向の中心位置(回動軸71の位置)で線状部分を残すようにエッチング加工され、この線状部分によりバネ81が形成されている。これに



より、各ミラー面 80 a ～ 80 d は、弾性的に、かつ回動的に変形可能に、連結支持されている。

各ミラー面 80 a ～ 80 d は、それぞれバネ 81 を通る中心軸を回動軸 71 として支持されている。各ミラー面 80 a ～ 80 d の反射面となる表面には、例えば、金、あるいは誘電体多層膜、でなるコーティング膜が形成されており、これにより、反射率を向上させている。前記ミラー面 80 a ～ 80 d の各反射面の裏面には、中央部を除いてポリイミドの薄いコーティング膜が形成されて絶縁層が構成されており、さらに、図 4 に示すように、コイル 83 が電鍍加工またはエッチング加工によって形成されている。

また、上記ミラープレート 70 は方形状に形成されており、その 4 隅の各位置に位置決め孔 85 が設けられている。このミラープレート 70 は、各位置決め孔 85 を基準としてハウジング 73 の筐体枠の上面の 4 隅に設けたピン 86 に係入して位置決め固定される。

各ミラー面 80 a ～ 80 d の図示下方であって前記ハウジング 73 の内部には、図 3 に示すように、当該ミラー面 80 a ～ 80 d の配置方向に 10 極に着磁された 1 本のマグネット 76 がヨーク 75 を貼り付けた状態で収納固定されている。

また、コイル 83 は、図 3 に示すように、その有効辺 83 1 が、マグネット 76 の磁極の境界上に位置するように配置されている。その結果、コイル 83 の有効辺 83 1 に作用する磁界の方向は、図 3 のようにほぼ水平方向になる。そのため、コイル 83 に電流を流すと、各コイル 83 の 2 つの有効辺 83 1 には逆方向の電流が流れるため、その回動軸 71 を中心としてミラー面 80 a ～ 80 d を回動させるトルクを生じる。隣り合う磁極からの磁束は隣り合う 2 つのミラー面 80 a, 80 b, 80 c, 80 d 用の 2 つのコイル 83 に共通して作用するようになっている。

ついで、上記傾斜角検出センサユニット 77 の説明をする。LED 78 と PD 79 とを一对として、4 対の LED 78 および PD 79 を含んで構成される傾斜角検出センサユニット 77 は、一部を図 4 に示すように、4 つのミラー面 80 a ～ 80 d にそれぞれ対応して各コイル 83 の内側に位置するように配置されてい

る。LED 78から斜めに出射した光は、ミラー面80a（～80d）の裏側で反射し、PD79に入射するようになっている。したがって、ミラー面80a（～80d）が、各回転軸71の周りに傾くと、LED78からの光がPD79の分割線と垂直方向に移動することになる。

次に、図1に示す光スイッチ1で使用する第2のガルボユニットの角度センサからの検出信号を処理する処理回路について図5を参照して説明する。

図5に示す処理回路は、2分割されたPD79のPD79aからの検出信号とPD79bからの検出信号を取り込み電圧変換する電流電圧変換回路88a、88bと、前記電流電圧変換回路88a、88bからの出力電圧Ea、Ebの和をとる加算回路89aと、前記電流電圧変換回路88a、88bからの出力電圧Ea、Ebの差をとる減算回路89bと、を有して構成されている。前記加算回路89aからは加算出力（Ea + Eb）を得ることができ、前記減算回路89bからは減算出力（Ea - Eb）を得ることができる。これらの加算出力および減算出力に基づいて、 $X = (Ea - Eb) / (Ea + Eb)$ を計算することにより、光量で正規化した角度信号が得られる。この正規化した角度信号によって、ミラー面80a～80dの傾きを検出することができる。

以上説明したように、第2のガルボユニット7Aは、4つのミラー面80a～80dがハウジング73の内部に一体的に構成されることになる。

（第1のガルボユニット9の構造について）

次に、第1のガルボユニット9の構造について図6及び図7を参照して説明する。

前記第1のガルボユニット9は、図6及び図7に示すように、第2のガルボユニット7Aとほぼ同様に構成されており、大きく異なるところは、各ミラー面91a～91dを有する4つのガルバノミラー92a～92d（図7においては、各符号92a～92dを代表して、符号を「92」としている。）が長手方向（ガルバノミラー92a～92dの配列方向）に平行な軸93の回りに傾斜（回転）可能に構成されている点と、マグネット94が前記軸93に対して平行方向に3極着磁されている点と、図7に示すようにコイル95の有効辺951、951に水平方向の磁束が作用するように構成した点と、一対のLED96及びPD9

7を軸93の方向に向けて配置しかつ各ミラー面91a～91dの角度を有効に検出できるように4対配置してなる傾斜角検出センサユニット98を設けた点にある。なお、符号90はミラープレートであり、符号99はバネである。また、上記第1のガルボユニット9において、上述した異なる点以外の他の構成要素は、第2のガルボユニット7Aとほぼ同様であるため、同一符号を付して説明を省略する。このように第1のガルボユニット9も、4つのミラー面91a～91dがハウジング73の内部に一体的に構成されたものとなっている。

(導光手段13、受光センサ11、出力側レンズ15及び出力用光ファイバ17の構造について)

次に、導光手段13、受光センサ11、出力側レンズ15及び出力用光ファイバ17周りの構造について、図8に示すように1チャンネル分を表示して説明する。

まず、導光手段13及び受光センサ11について説明する。

前記導光手段13は、ビームスプリッタ131によって構成されている。このビームスプリッタ131は、前記第1のガルボユニット9の後段であつて前記出力側レンズ15の直前の光通信用の光の通路上に配置され、前記光通信用の光の一部を分離して、受光センサ11に導くようになっている。このビームスプリッタ131は、光通信用の平行な光の一部（光通信用の光の全量に対して1～20[%]程度）を反射して、受光センサ11に導く。

次に、受光センサ11について説明すると、この受光センサ11は、波長が1.3～1.6[ $\mu$ m]の光に対して高感度のインジウム・ガリウム・ヒ素(InGaAs)基板から構成されている。この受光センサ11は、図8に示すように、基板11pの上にフォトダイオードを用いて構成したPD受光面を4分割して構成されており、そのPD受光面111a～111dに入射する光を取込み4つの電気信号に変換し、当該4つの電気信号を用いることにより、前記光の2方向(X軸、Y軸)の位置を検出することができるようになっている。前記受光センサ11のPD受光面111a～111dからの電気信号は、制御手段19に入力されるようになっている。

さらに、前記出力側レンズ15について説明すると、前記出力側レンズ15は

、前記導光手段 13 の直後に配置されており、前記出力側レンズ 15 に入射する光通信用の平行光を集光して出力用光ファイバ 17 のコアに入力させるものとなっている。

加えて、前記出力用光ファイバ 17 について説明すると、前記出力用光ファイバ 17 は、前記出力側レンズ 15 で集光した光通信用の光を伝送するようになっている。

(制御手段 19 の構成について)

次に、前記制御手段 19 の構成について図 9 を参照して説明する。前記制御手段 19 は、前記受光センサ 11 の PD 受光面 111a ~ 111d からの検出信号を取込み電圧信号に変換する電流電圧変換回路 191a ~ 191d と、前記電流電圧変換回路 191a, 191d からの出力電圧  $V_a$ ,  $V_d$  を加算する加算回路 192 と、前記電流電圧変換回路 191b, 191c からの出力電圧  $V_b$ ,  $V_c$  を加算する加算回路 193 と、前記電流電圧変換回路 191c, 191d からの出力電圧  $V_c$ ,  $V_d$  を加算する加算回路 194 と、前記電流電圧変換回路 191a, 191b からの出力電圧  $V_a$ ,  $V_b$  を加算する加算回路 195 と、前記加算回路 192 及び加算回路 193 からの出力信号を加算する加算回路 196 と、前記加算回路 192 の出力信号から前記加算回路 193 の出力信号を減算する減算回路 197 と、前記加算回路 194 の出力信号から前記加算回路 195 の出力信号を減算する減算回路 198 と、これらの検出信号から制御信号を作成する処理回路（図示せず）と、を備えている。

前記受光センサ 11 の PD 受光面 111a ~ 111d からの出力電流は、前記電流電圧変換回路 191a ~ 191d によって電圧信号  $V_a \sim V_d$  に変換される。前記電流電圧変換回路 191a ~ 191d からの電圧信号  $V_a \sim V_d$  は、加算回路 192 ~ 減算回路 198 により、4 つの領域の PD 受光面 111a ~ 111d からの出力の X 軸方向及び Y 軸方向の差動をとることにより、出力側レンズ 15 に対する光の光軸と垂直な 2 方向（X 軸、Y 軸）の位置を検出することができるようになる。

すなわち、前記減算回路 197 からの出力電圧  $V_x$  は、 $\{ (V_a + V_d) - (V_b + V_c) \}$  で与えられる。また、前記減算回路 198 からの出力電圧  $V_y$  は

、 $\{ (V_c + V_d) - (V_a + V_b) \}$  で与えられる。さらに、前記加算回路 196 からの出力電圧  $V_p$  は、 $(V_a + V_b + V_c + V_d)$  で与えられる。これらの出力電圧  $V_x$ 、 $V_y$ 、 $V_p$  を基に、次の数式 1 及び数式 2 に示すように計算することにより、光通信用の光の出力側レンズ 15 に対する光軸に垂直な 2 方向（X 軸、Y 軸）の正規化した位置を計算することができる。

[数式 1]

$$\begin{aligned} X &= V_x / V_p \\ &= \{ (V_a + V_d) - (V_b + V_c) \} / (V_a + V_b + V_c + V_d) \end{aligned}$$

[数式 2]

$$\begin{aligned} Y &= V_y / V_p \\ &= \{ (V_c + V_d) - (V_a + V_b) \} / (V_a + V_b + V_c + V_d) \end{aligned}$$

このようにして求めた X 軸、Y 軸方向の情報を基に、出力側レンズ 15 により集光されたビームスポットの出力用光ファイバ 17 のコア部に対する相対位置及び／または傾きによるずれに応じた信号を得ることができる。

（光スイッチ 100 の作用）

次に、上述したように構成された光スイッチ 100 の作用について、図 1 ～図 9 を基に、図 10 を参照して説明する。ここに、図 10 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る光スイッチの作用を説明するための図である。

まず、本発明の第 1 の実施の形態に係る光スイッチ 1 は、既に説明したように、入力 2 チャンネル、出力 2 チャンネルの光信号を切り換える装置としている。また、第 1 のガルボユニット 9 を構成する 4 つのガルバノミラー 91 a ～ 91 d の内、例えば 2 つのガルバノミラー 91 c、91 d が製造段階で不良とされ使用できないとし、残りの 2 つのガルバノミラー 91 a、91 b が使用可能であるとしている。同様に、前記第 2 のガルボユニット 7 A は 1 つのミラー面 80 a が不良で残りの 3 つのミラー面 80 b ～ 80 d が使用可能であるとし、また、前記第 2 のガルボユニット 7 B は 2 つのミラー面 80 b、80 d が不良で残りの 2 つのミラー面 80 a、80 c が使用可能であるとする。したがって、第 1 のガルボユニット 9、第 2 のガルボユニット 7 A、7 B は、それぞれ 2 つの使用可能なガルバノミラーを用いるものとする。

前記光スイッチ1の入力ボックス60の1チャンネル(1ch)には入力用光ファイバ3bが、前記光スイッチ1の入力ボックス60の2チャンネル(2ch)には入力用光ファイバ3cが、それぞれ固定されている。この入力ボックス60には、入力用のファイバのコネクタが接続されているものとする。

前記光スイッチ1の出力ボックス61の1チャンネル(1ch)には出力用光ファイバ17aが、前記光スイッチ1の出力ボックス61の2チャンネル(2ch)には出力用光ファイバ17bが、それぞれ固定されている。この出力ボックス61には、出力用のファイバのコネクタが接続されているものとする。

前記光スイッチ1の出力ボックス61の1チャンネルに関する光は、入力用光ファイバ3b、入力側レンズ5b、第2のガルボユニット7Aのガルバノミラー72bのミラー面80b、第2のガルボユニット7Bのガルバノミラー72aのミラー面80a、第1のガルボユニット9のガルバノミラー92aのミラー面91a、導光手段(ビームスプリッタ)13、出力側レンズ15a、出力用光ファイバ17aを通り、光スイッチ1の出力ボックス61の1チャンネルに至る光路を標準でとるものとする。

また、前記光スイッチ1の出力ボックス61の2チャンネルに関する光は、入力用光ファイバ3c、入力側レンズ5c、第2のガルボユニット7Aのガルバノミラー72cのミラー面80c、第2のガルボユニット7Bのガルバノミラー72cのミラー面80c、第1のガルボユニット9のガルバノミラー92bのミラー面91b、導光手段(ビームスプリッタ)13、出力側レンズ15b、出力用光ファイバ17bを通して出力ボックス61の2チャンネルに至る光路を標準でとるものとする。

上述したような前提条件の下に、具体的に光スイッチ1の作用を説明する。

初期状態では、入力用光ファイバ3b、3cからの光が、それぞれ出力用光ファイバ17a、17bに入射するようにするために、第2のガルボユニット7Aのミラー80b、80cと、第2のガルボユニット7Bの2つのミラー80a、80cと、第1のガルボユニット9の2つのミラー面91a、91bと、を次のように制御している。

すなわち、第2のガルボユニット7A、7Bについては、傾斜角検出センサユ

ニット77において、前記各ガルバノミラー72に対応するLED78とPD79で構成された角度センサから得た信号を前記各ガルバノミラー72に対応する電流電圧変換回路88a, 88bに与え、図5に示すように、前記各ガルバノミラー72に対応する電流電圧変換回路88a, 88bからの出力を減算する減算回路89bから出力される差動出力( $E_a - E_b$ )が予め設定された差動出力対ミラー面角度のテーブルから所定のミラー面角度に対応した差動出力となるように、前記各ガルバノミラー72の裏面に設けた各コイル83にそれぞれ電流を流すことにより、前記各ガルバノミラー72を所定の角度に保持している。

入力側1チャンネルについて説明すると、入力用光ファイバ3bから通信用の光が出射されると、受光センサ11のPD受光面111a~111dの上の光のX, Y位置が記憶された最良位置となるように、制御手段19から第2のガルボユニット7Aのガルバノミラー72bのコイル83と、第2のガルボユニット7Bのガルバノミラー72aのコイル83と、第1のガルボユニット9のガルバノミラー92aのコイル95とにそれぞれ制御電流を流すことにより、第2のガルボユニット7Aのガルバノミラー72b、第2のガルボユニット7Bのガルバノミラー72a、及び、第1のガルボユニット9のガルバノミラー92aの各角度を微調整する。このような各角度の微調整は、当該記憶された最良位置を基準値とし、傾斜角検出センサユニット77及び傾斜角検出センサユニット98からの検出信号をフィードバック信号とすることにより、ガルバノミラー72及びガルバノミラー92の角度をフィードバック制御するようにしている。なお、2チャンネルの光通信用の光も、上述と同様にして制御する。

(チャンネル切り換えの説明)

次に、入力ボックスの1チャンネルの入力用光ファイバ3bからの光を、出力用光ファイバ17aから出力用光ファイバ17b切り換える場合の作用について説明する。

まず、入力の1チャンネルを出力の2チャンネルに切り換える指令が出されたものとする、第2のガルボユニット7Aのガルバノミラー72bをあらかじめ決められた角度 $\theta_A$ となるような基準値が図示しないガルバノミラー制御系に与えられるために、前記ガルバノミラー制御系は前記傾斜角検出センサユニット7

7のLED78及びPD79を含んで構成される角度センサからの出力信号をフィードバック信号とし、前記基準値に一致するようにコイル83に電流を流し、第2のガルボユニット7Aのガルバノミラー72bを傾ける。

同様に、第2のガルボユニット7Bのガルバノミラー72cをあらかじめ決められた角度 $\theta B$ となるような基準値が図示しないガルバノミラー制御系に与えられるために、前記ガルバノミラー制御系は前記傾斜角検出センサユニット77のLED78及びPD79を含んで構成される角度センサからの出力信号をフィードバック信号とし、前記基準値に一致するようにコイル83に電流を流し、第2のガルボユニット7Bのガルバノミラー72cを傾ける。

この結果、第2のガルボユニット7Aのミラー80bで反射した光は、第2のガルボユニット7Bのミラー80cに向かうようになる。また、前記ガルボユニット7Bのミラー80cでの反射光は第1のガルボユニット9のミラー面91bに向かうようになる。

このとき、受光センサ11Bには、入力用光ファイバ3bからの光が入射するようになり、この受光センサ11Bからの検出信号を制御手段19に与えることによって、制御手段19により次のように制御される。すなわち、受光センサ11BのX軸、Y軸の各位置が、あらかじめ記憶された最良値となるように、制御手段19は、第2のガルボユニット7A、7Bのガルバノミラー72のコイル83及び第1のガルボユニット9のガルバノミラー92のコイル95に電流を流すように制御することによりガルバノミラー72a及びガルバノミラー92の角度を微調整する。また、上述した図示しないガルバノミラー制御系は、この状態のガルバノミラー72及びガルバノミラー92の角度を保持するように各ミラーに配置されている角度センサの出力を保持するように各ミラーを駆動制御する。

この結果、出力ボックス61の1チャンネルから出力されていた光は、出力用光ファイバ17aから出力用光ファイバ17bに切り換えられて出力ボックス61の2チャンネル側に出力されることになる。

また、出力ボックス61の2チャンネルから出力されていた光を、該出力ボックス61の1チャンネルから出力されるように切り換える場合にも、上述と同様に行えばよい。



このようにして、内部に、ガルバノミラー72a～72dで構成される複数の光切換素子、またはガルバノミラー92a～92dで構成される複数の光切換素子、を有するガルボユニットを複数（例えば、第2のガルボユニット7A、7B及び第1のガルボユニット9）用いて、例えば2×2の光スイッチ1を構成することができる。

#### （検討）

次に、第2のガルボユニット7A、7Bあるいは第1のガルボユニット9について検討する。なお、この検討は、ガルボユニットを代表して第2のガルボユニット7Aについて行うが、他の第2のガルボユニット7Bや第1のガルボユニット9についても同様である。

例えば1つの第2のガルボユニット7Aには4つのガルバノミラー72a～72dが同時に形成されている。このガルバノミラー72a～72dは、例えばパネ81のエッチング不良、ミラー80a～80dの表面のコーティング傷、コイル83の断線、等により不良が生じてしまうことがあるが、4つの内の2つが良品であれば、良品の第2のガルボユニット7Aを得ることができる。

これに対して、2つのみのガルバノミラーを有する第2のガルボユニットを製造する場合には、2つのガルバノミラーがすべて良品でなければならない。

例えば、1つのガルバノミラーの歩留まりを90 [%] とし、予備の無い場合（2つのアレーガルバノミラーとし、この内の2つを使用）と、1つの予備がある場合（3つのアレーガルバノミラーとし、この内の2つを使用）と、2つの予備がある場合（4つのアレーガルバノミラーとし、この内の2つを使用するもので、本発明の第1の実施の形態の場合）とにおいて、ガルボユニットの良品割合について、例えば1000個製造するものとしてシミュレートした結果は、予備無しの場合が80.4 [%] となり、予備1つの場合が98.1 [%] となり、予備2つの場合が99.8 [%] となる。

このシミュレートの結果からわかるように、ガルボユニット7A、7B、9の良品割合は、予備を2つとすることで高くなる。したがって、1つのガルバノミラーの歩留まりが90 [%] よりももっと低い場合には、予備がある場合と、予備がない場合とで、良品の割合の差がさらに大きくなる。

予備の数量は、同時に一体に形成、組み立てされアレーにされるガルバノミラーの数量と、1つのガルバノミラーの歩留まりと、部品コストと、等を考慮して、コストが最も下がる等の最適な数量を選択するようにすれば良い。

(本発明の第1の実施の形態の効果)

以上説明したように、本発明の第1の実施の形態に係る光スイッチ1にあっては、光通信の伝送用の光を用いて出力用光ファイバ17に焦点を結ばせる出力側レンズ15の手前の光を導光手段(ビームスプリッタ)13によって分割し、4分割したPD受光面111a~111dを備えた受光センサ11に入射させ、このPD受光面111a~111dからの出力により光のX軸、Y軸の2方向の位置を検出するように構成したために、出力用光ファイバ17に入射する光の位置や傾きの誤差を調整することが可能となり、出力用光ファイバ17に入射する光の位置を制御することができるために、出力用光ファイバ17に入射させる際の光量損失を小さくすることができる。

また、本発明の第1の実施の形態に係る光スイッチ1にあっては、少なくとも2つ以上の予備のガルバノミラー72、ガルバノミラー92を構成しているために、第2のガルボユニット7A、7B、第1のガルボユニット9の歩留まりを格段に向上することができる。

また、本発明の第1の実施の形態に係る光スイッチ1にあっては、1つのマグネット76、94を多数のガルバノミラー72a~72d、ガルバノミラー92a~92dの駆動に兼用しているために、部品点数が少なく、組み立て性がよい。

さらに、本発明の第1の実施の形態に係る光スイッチ1によれば、ガルバノミラー72a~72d、ガルバノミラー92a~92dの反射面に対してマグネット76、マグネット94を平行に配置し、ガルバノミラー72a~72dとマグネット76と傾斜角検出センサユニット77とハウジング73(ガルバノミラー92a~92dとマグネット94と傾斜角検出センサユニット98とハウジング73)とを一方向から積層するように構成しているために、組み立てが容易となる。

さらにまた、本発明の第1の実施の形態に係る光スイッチ1によれば、傾斜角

検出センサユニット 77（または傾斜角検出センサユニット 98）を構成する LED と PD とを、コイル 83（またはコイル 95）の間の空間に配置したために、傾斜角検出センサユニット 77（または傾斜角検出センサユニット 98）をガルバノミラー 72a～72d（またはガルバノミラー 92a～92d）とマグネット 76（またはマグネット 94）との間に配置しても、ガルバノミラー 72a～72d（またはガルバノミラー 92a～92d）とマグネット 76（またはマグネット 94）との間隔を小さくすることができる。

加えて、本発明の第 1 の実施の形態に係る光スイッチ 1 によれば、共通のミラープレート 70（またはミラープレート 90）をエッチングすることにより、可動部を構成する複数のガルバノミラー 72a～72d（またはガルバノミラー 92a～92d）を各支持部材と共に簡単に形成することができるとともに、所望とするピッチでミラー 65 を配列形成したりすることができ、小型のガルバノミラーを低コストで実現できる。

（本発明の第 1 の実施の形態の変形例）

本発明は、上述した第 1 の実施の形態の構成に限定されるものではなく、例えば、ガルボアレーに同時成型するガルバノミラーの個数や予備の個数を、光スイッチのチャンネル数や歩留まり等に応じて、適宜選択すればよい。

上記第 1 の実施の形態では、予備のガルバノミラーを含むように構成しているが、良品の割合が少なくてもよければ予備を無くして構成してもよい。したがって、例えば上述した本発明の第 1 の実施の形態に係る光スイッチ 1 において、ガルバノミラー 72a～72d（またはガルバノミラー 92a～92d）の中から予備用とするものをなくして、全てのガルバノミラー 72a～72d（またはガルバノミラー 92a～92d）を使用するようにすれば、4×4 の光スイッチを構成することができる。

また、入力／出力用光ファイバの数に制限はなく、1×1 の ON、OFF スwitch、1×2、4×1、8×8 等の組合せは自由である。

また、上記第 1 の実施の形態においては、光路選択素子としてシリコンをエッチングしたガルバノミラーとしたが、これに限定されるものではなく、例えばミラープレートを金属のパネとし、これをプラスチックにインサート成型し、これ

に複数のガラスのミラーを接着したもので構成してもよい。この場合にも複数のガルバノミラーが1つのユニットとして同時に成型、組み立てされる。

本発明の第1の実施の形態に係る光スイッチ1では、複数の1方向に配列され1方向に傾くガルバノミラーを3組組み合わせて構成したが、2方向に傾くガルバノミラーを2組組み合わせる等の構成にしてもよいし、またガルバノミラーの配列や予備の配置を種々採用することができる。

また、本発明の第1の実施の形態に係る光スイッチ1では、ガルバノミラー72a～72dやガルバノミラー92a～92dを駆動する方式にコイルとマグネットを用いたが、静電駆動や圧電素子等でもよく、支持もシリコンのバネではなく、金属のバネやリンク等何でもよい。

また、本発明の第1の実施の形態に係る光スイッチ1では、受光センサ11における光の検出として受光面を4分割したPD受光面111a～111dを用いたが、これに限定されるものではなく、例えばPSDを用いてもよい。この場合、PSDの受光面に入る光の中心位置は電圧値で出力されることになる。

本発明の第1の実施の形態に係る受光センサ11では、4つのガルバノミラーを1列に配置しているが、これに限定されるものではなく、2つ以上ならいくつでもよく、また、2次元に配列したものでもよい。

本発明の第1の実施の形態に係る光スイッチ1では、ガルバノミラーに傾斜角検出センサユニットの角度センサを配置したが、これに限定されるものではなく、例えば当該角度センサを無くしてもよい。この場合には、初期に各ミラーから各ミラーへの各々の組み合わせ時の所定角度に対応するガルバノミラーの駆動電流または電圧を記憶しておき、まずこの値になるように各ガルバノミラーのコイルに駆動電流あるいは電圧を供給しておき、受光センサからの出力信号を用いて、受光センサにおけるX軸、Y軸の値が最適値になるように各ガルバノミラーの角度を調整するようにしてもよい。この場合には、各々のガルバノミラーに角度センサが不要となるために、低コスト化および小型化を図ることが可能となる。

また、ガルバノミラー角度センサを、LEDとPDとを用いた反射式の光学センサとして構成したが、LEDに代えて面発光レーザを採用しても良く、また、PDに代えてPSDを採用しても良い。

また、反射式の光学センサではなく、静電容量センサ、磁気センサ等の、他の方式を用いたセンサを採用しても良い。

#### 〔第2の実施の形態〕

次に、図11～図13を参照しながら本発明の第2の実施の形態について説明する。ここに、図11は、本発明の第2の実施の形態に係る光スイッチであって導光手段及び受光センサの他の構成を示す分解斜視図である。図12は、本発明の第2の実施の形態に係る光スイッチであって導光手段と受光センサと出力用光ファイバとの関係を示す斜視図である。図13は、本発明の第2の実施の形態に係る光スイッチであって導光手段と受光センサと出力用光ファイバとを組み付けた状態を示す断面を含む側面図である。

これらの図11～図13において、本発明の第2の実施の形態に係る光スイッチ1Aは、受光センサ11A、導光手段13A及び出力側レンズ15Aの部分の構成が第1の実施の形態に係る光スイッチ1と異なり、他の構成は上記第1の実施の形態と全く同一であるために、その特徴部分を1チャンネル分を表示して説明する。

これらの図に示す第2の実施の形態に係る光スイッチ1Aでは、出力側レンズ15Aは、屈折率分布形の円筒状のコリメート用のレンズで構成されている。また、前記導光手段13A及び受光センサ11Aは、前記出力側レンズ15Aと出力用光ファイバ17との間に配置されている。

また、前記導光手段13Aは、第1のガルボユニット9で反射され前記出力側レンズ15Aで集光した光を通過させる透過孔100aを設けたベース100と、前記ベース100上で当該透過孔100aの周囲に設けた少なくとも4つに分割された受光素子101とを含んでなる受光センサ11Aと、を有して構成されている。

さらに詳細に説明すると、前記導光手段13Aのベース100は、図11に示すようにInGaAsで構成した基板に透過孔100aを設け、かつ、図12に示すように前記受光素子101に裏面側には当該透過孔100aと同心円上に出力用光ファイバ17の取付穴100bをエッチングで設けたものである。

また、受光センサ11Aは、前記基板100の前記出力側レンズ15A側に形

成されていて、かつ、円形の受光表面を扇型に４分割して構成したものである。

そして、前記導光手段１３Ａには、図１３に示すように、前記出力側レンズ１５Ａが受光素子１０１の表面に位置調整されて接着固定されており、同様に、出力用光ファイバ１７の端面が取付穴１００ｂに位置決めされて接着剤によって固定されている。この受光センサ１１Ａは、出力側レンズ１５Ａにより集光される光の周辺の一部の光を受光する。

このような構成を採用すると、上述した第１の実施の形態と同様に、この受光素子１０１の４分割された受光部のＸ、Ｙ方向の差動出力により、受光素子１０１に対する光の位置を検出することができる。

前記出力用光ファイバ１７に基準光を入射させたときに、その基準光の焦点が該出力用光ファイバ１７のコア部に入射して、該出力用光ファイバ１７からの出射光強度が最も高くなるように、出力側レンズ１５Ａは、ベース１００に対して、その光軸方向に垂直な２方向に位置調整されて固定されている。また、このときの受光素子１０１からの検出信号を制御手段１９に入力し、前記制御手段１９において、そのＸ、Ｙ方向の差動出力のオフセットを最適値として記憶しておく。

（本発明の第２の実施の形態の効果）

本発明の第２の実施の形態に係る光スイッチ１Ａにあつては、出力側レンズ１５Ａにより集光され出力用光ファイバ１７の入射端面に近い部分の光の位置を検出するために、受光センサ１１Ａによる検出位置精度が高くなる。

また、本発明の第２の実施の形態に係る光スイッチ１Ａによれば、導光手段１３Ａを、ビームスプリッタを用いることなく、受光センサ１１Ａがビームの周辺の光を直接検出するように構成しているために、通信用の光のＰＳ偏光の光量差が変化することがなく、各波長による透過率が変化することもなく、その他の光学的に望ましくない影響がないという利点がある。

さらに、本発明の第２の実施の形態に係る光スイッチ１Ａによれば、出力側レンズ１５Ａと導光手段１３Ａと受光センサ１１Ａと出力用光ファイバ１７とを１つのユニットに構成することができるために、取り扱いが容易となり、しかも、受光素子１０１を前記出力側レンズ１５Ａと出力用光ファイバ１７との間に配置

したために、装置を小型化することができる。

なお、出力用光ファイバ17Aを、取付け穴100bに対して光軸方向に調整することにより、出力側レンズ15Aによる出力用光ファイバ17上の焦点が最適となるようにすることもできる。

また、出力レンズ側から出力用光ファイバに向かう光の受光位置は、その光の一部を受光可能な位置であれば何処でも良く、受光素子の形状や大きさに制限はない。例えば、受光素子は四角状であって、光束の一部を遮り受光するものであっても良い。

### [第3の実施の形態]

次に、図14を参照しながら本発明の第3の実施の形態に係る光スイッチ1Bについて説明する。ここに、図14は、本発明の第3の実施の形態に係る光スイッチであって、出力側レンズ、導光手段、受光センサ、及び出力用光ファイバの関係を説明するための斜視図である。

この図14において、本発明の第3の実施の形態に係る光スイッチ1Bは、受光センサ11の配置位置と、導光手段13B及び出力側レンズ15Aの部分の構成とが第1の実施の形態に係る光スイッチ1と異なり、他の構成は上記第1の実施の形態と全く同一であるので、その特徴部分を1チャンネル分を表示して説明する。

本発明の第3の実施の形態に係る光スイッチ1Bでは、導光手段13Bが最も特徴的である。すなわち、本発明の第3の実施の形態に係る光スイッチ1Bでは、上記第2の実施の形態と同様に、屈折率分布形の円筒状のコリメート用のレンズで構成した出力側レンズ15Aを用いている。そして、この出力側レンズ15Aの一端面にホログラム133を形成し、そのホログラム133の0次回析光を出力用光ファイバ17に入射させるとともに、1次回析光を表面が4分割された受光センサ11に入射させている。したがって、この第3の実施の形態において、受光センサ11の受光面は、出力用光ファイバ17の光入射面と平行に配置されている。この受光センサ11からの出力信号は、第1の実施の形態と同様に制御手段19に入力されるようにしてある。

(本発明の第3の実施の形態の効果)

本発明の第 3 の実施の形態に係る光スイッチ 1 B によれば、第 1 の実施の形態に比べて別部品である導光手段 1 3 としてのビームスプリッタを用いないために、装置を小型化することができる。

なお、本実施形態の構成は上述したものに限定されるものではなく、ホログラム 1 3 3 に代えて、微小プリズム、あるいは微小レンズ等を出力側レンズに形成して、一部の光束を分離し、受光センサに偏向させるようにしても良い。さらに、これらのホログラム、あるいは微小プリズム等を、出力側レンズ表面に形成するのではなく、別のプレート上に形成するようにしても構わない。

#### [第 4 の実施の形態]

図 1 5 及び図 1 6 を参照しながら本発明の第 4 の実施の形態について説明する。ここに、図 1 5 は、本発明の第 4 の実施の形態に係る光スイッチであって、第 2 のガルボユニット、第 1 のガルボユニット、出力側レンズ、出力用光ファイバ、導光手段、及び受光センサ等の構成を示す図である。図 1 6 は、発明の第 4 の実施の形態に係る光スイッチにおいて、受光センサから得られる検出信号とその波形を説明するための図であり、横軸に検出光の位置を、縦軸に検出信号の振幅を、それぞれとったものである。

この図 1 5 において、本発明の第 4 の実施の形態に係る光スイッチ 1 C は、出力側レンズ 1 5 A、出力用光ファイバ 1 7、導光手段 1 3 C 及び受光センサ 1 1 C の部分の構成が第 1 の実施の形態に係る光スイッチ 1 と異なり、他の構成は上記第 1 の実施の形態と全く同一であるので、その特徴部分を 1 チャンネル分を表示して説明する。

本発明の第 4 の実施の形態に係る光スイッチ 1 C では導光手段 1 3 C に最大の特徴がある。この導光手段 1 3 C は、前記出力用光ファイバ 1 7 の光の一部を分岐して前記受光センサ 1 1 C に受光させ得るようにし、第 2 のガルボユニット 7 B 及び第 1 のガルボユニット 9 により光を微小振動させる事でミラーの角度を制御するようにしたものである。

すなわち、本発明の第 4 の実施の形態に係る導光手段 1 3 C は、光路切換素子である第 2 のガルボユニット 7 B で反射された後第 1 のガルボユニット 9 で反射された光を取り込む出力用光ファイバ 1 7 と、前記出力用光ファイバ 1 7 の出力



端に配置され受光センサ用の光と通信用の光に分離する光カプラ 135 と、前記受光センサ用の光を受光センサ 11C に導くセンサ用ファイバ 137 とを備え、かつ、光路選択手段である第 2 のガルボユニット 7B と第 1 のガルボユニット 9 とを前記制御手段 19 から所定の周波数の駆動信号を与えて微小振動させることにより、受光センサが受光する光量を微小に変動させ、光量が最大となるようにガルバノミラーの角度を制御するようにしたものである。

前記光路選択手段である第 2 のガルボユニット 7B は一方向に、前記光路選択手段である第 1 のガルボユニット 9 は前記一方向と垂直に一方向にそれぞれ振動させられることにより、前記光路選択手段を介した光が 2 方向に微小振動させられるようにしたものである。また、前記制御手段 19 から前記光路選択手段である第 2 のガルボユニット 7B と第 1 のガルボユニット 9 とに与えられる信号は、前記 2 方向に微小振動させる周波数を異ならせてなるものである。

さらに詳細に説明すると、本発明の第 4 の実施の形態に係る光スイッチ 1C では、上記第 2 の実施の形態と同様に、屈折率分布形の円筒状のコリメート用のレンズで構成した出力側レンズ 15A を用いている。

また、本発明の第 4 の実施の形態に係る光スイッチ 1C では、図 15 に示すように、前記出力側レンズ 15A の後段に出力用光ファイバ 17 を配置しており、前記出力側レンズ 15A で集光した光が出力用光ファイバ 17 の一端面のコア部に入射するようにしてある。

また、本発明の第 4 の実施の形態に係る光スイッチ 1C では、前記出力用光ファイバ 17 の他端に光カプラ 135 を配置し、この光カプラ 135 と前記光路選択手段である第 2 のガルボユニット 7B 及び第 1 のガルボユニット 9 との作用により、光通信用の光の一部を分離し前記センサ用ファイバ 137 を介して受光センサ 11C に導けるようにしてある。

前記光カプラ 135 の出力端には、上記センサ用ファイバ 137 の他に、通信用の光を伝送する通信用ファイバ 160 が取り付けられている。

ここで、前記光カプラ 135 は、前記センサ用ファイバ 137 及び通信用ファイバ 160 に分岐される光の割合を適宜選択しており、例えば通信用ファイバ 160 に 80～98 [%] の光を、センサ用ファイバ 137 に 2～20 [%] の光

を分岐するようにしている。

センサ用ファイバ137を伝送した光は、表面が分割していない受光センサ11Cに入射される。前記受光センサ11Cは、入射する光の強度に応じた出力電圧を出力し、前記制御手段19に供給するようになっている。

(作用の説明)

このような光スイッチ1Cの作用を図15及び図16を参照しながら説明する。

まず、前記制御手段19から第1のガルボユニット9のコイル（第1の実施の形態では符号95）に周波数 $f_1$ の駆動電流を流し、前記ガルバノミラー92を軸93の周りに周波数 $f_1$ で微小振動させる。また、同様に、前記制御手段19から第2のガルボユニット7Bのコイル（第1の実施の形態では符号83）に周波数 $f_2$ の駆動電流を流し、ガルバノミラー72を軸71の周りに周波数 $f_2$ で微小振動させる。

前記ガルバノミラー92と前記ガルバノミラー72の微小回転角度は、前記出力用光ファイバ17に入射する光量損失が許容内であるように例えば1[mrad]程度にされている。また、前記ガルバノミラー92を振動させる周波数 $f_1$ と、前記ガルバノミラー72を振動させる周波数 $f_2$ と、は異なる周波数であり、最小公倍数がなるべく大きな周波数となるように設定されている。具体的には、周波数 $f_1$ が例えば503[Hz]であり、周波数 $f_2$ が例えば691[Hz]であるものとする。これら2つのミラーの振動により、前記出力側レンズ15Aで集光された光は、直交する2方向に振動する光となって出力用光ファイバ17に入射することになる。

この出力用光ファイバ17に入射された光は、光カップラ135において、前記出力用光ファイバ17の中の光の一部を分岐して前記センサ用ファイバ137に与えられる。このセンサ用ファイバ137を伝搬する光は、受光センサ11Cに与えられる。このときの受光センサ11Cの出力信号は、制御手段19に入力される。

前記制御手段19にはフィルタが設けられており、上記周波数 $f_1$ の交流成分をもった信号と、上記周波数 $f_2$ の周波数の交流成分をもった信号とに分離され

る。

ここで、出力側レンズ 15 A により出力用光ファイバ 17 の端面に結ばれる焦点の、出力用光ファイバ 17 に対する位置ずれと、前記出力用光ファイバ 17 のコア中に入射していく光量と、の関係は、図 16 に示すようになっている。すなわち、前記出力側レンズ 15 A の焦点が出力用光ファイバ 17 のコアの中心位置にあるときに最も光量が大きいのとなる。

前記ガルバノミラー 72 及び前記ガルバノミラー 92 を微小振動させたときの、受光センサ 11 C の出力は、図 16 に示すように焦点がコアの中心 ( $\alpha$  点) にあるときには、符号 "a" に示すような振幅の小さな片振幅 (半波整流されたような) な出力波形となる。

これに対して、図 16 の  $\alpha$  点から図示右側の例えば  $\beta$  点にずれたときには、符号 "b" に示すように振幅の大きい両振幅の出力波形となる。また、図 16 の  $\alpha$  点から図示左側の例えば  $\gamma$  点にずれたときには、符号 "b" とは位相が逆転した符号 "c" に示すような振幅の大きな両振幅の出力波形となる。

このように受光センサ 11 C の出力波形によって、出力側レンズ 15 A による焦点と出力用光ファイバ 17 のコアとの位置ずれがあるかないかと、そのずれの方向と、がわかることになる。

したがって、この受光センサ 11 C の検出信号を制御手段 19 に与え、その受光センサ 11 C の出力波形の振幅と位相とを制御手段 19 において検出し、この検出信号を用いて制御手段 19 が第 2 のガルボユニット 7 A、7 B のガルバノミラー 72 及び第 1 のガルボユニット 9 のガルバノミラー 92 を傾斜制御することにより、出力側レンズ 15 A からの光の焦点を出力用光ファイバ 17 のコアの中心に移動させる制御をすることができる。

また、ガルバノミラー 72 とガルバノミラー 92 の振動周波数を異ならせたために、ファイバを伝送する光の光量のみを検出しても、出力側のファイバ 160 に入射する光の 2 方向のずれを検出することができる。このようにすることにより、出力側のファイバ 160 を通る光の量そのものを直接最大にするように制御できる。

(本発明の第 4 の実施の形態の効果)

このようにすると、ガルバノミラー装置側には、まったくミラーの傾き検出、光の位置、傾き検出がなくても良い。

(本発明の第４の実施の形態の変形例)

本発明の実施の形態に係る光スイッチ１Ｃでは、２方向に振動させたが、１方向に振動させてもよい。

２方向に振動させる周波数を異ならせたが、連続正弦波振動ではなく、不連続正弦波振動とし、２方向の振動を時間的に分離するようにしてもよい。

２方向に傾斜可能な２軸ガルバノミラーを用いた場合には、１つのガルバノミラーを２方向に振動させてもよい。

[変形例]

上述した本発明の各実施の形態においては、光路選択素子として傾き駆動するガルバノミラーを用いたが、それ以外にも例えば特開２００１－２１８１８号公報に記載されているような、対向した光ファイバを切り換えられるようにした構成、特開２００１－２７２６１２号公報に記載されているようなプリズムを移動させる構成、等の他の構成も適用することが可能である。

以上説明したように、本発明の上記各実施の形態に述べたような光スイッチによれば、次のような効果がある。

(１) 伝送される光通信用の光を検出し、その検出結果を用いて光路切換素子の調整をするようにしたために、調整精度が良く、光スイッチにおける光量損失を小さくすることができる。

(２) 光路切換素子の位置等の検出センサを特別に設けなくても、該光路切換素子の調整を行うことができるために、構成を簡略化することができる。

Having described the preferred embodiments of the invention referring to the accompanying drawings, it should be understood that the present invention is not limited to those precise embodiments and various changes and modifications thereof could be made by one skilled in the art without departing from the spirit or scope of the invention as defined in the appended claims.

## CLAIMS

What is claimed is :

1. 光スイッチは、以下を含む、

1 または複数の入力用光ファイバの内の入力すべき前記入力用光ファイバから出射する光通信の光を、1 または複数の出力用光ファイバの内の出力すべき前記出力用光ファイバに入射させるために、光路を切り換える光路切換素子と、

受光センサと、

前記出力用光ファイバに入射させる光を前記受光センサに導く導光手段と、

前記受光センサで得た検出信号に基づいて前記光路切換素子の角度を制御する制御手段。

2. クレーム 1 に記載の光スイッチにおいて、

前記光路切換素子は、ガルバノミラーである。

3. クレーム 1 に記載の光スイッチにおいて、

前記導光手段は、少なくとも一つの光路切換素子を介した光を受光センサに導くことができる構造である。

4. クレーム 3 に記載の光スイッチにおいて、

前記導光手段は、少なくとも一つの光路切換素子を介した光をビームスプリッタで分岐し、当該分岐した光を受光センサに導く構造である。

5. クレーム 3 に記載の光スイッチにおいて、

前記導光手段は、少なくとも一つの光路切換素子を介した光を通過させる孔を設けたベースと、前記ベース上で当該孔の周囲に設けた少なくとも 2 つ以上に分割された受光素子と、有してなる受光センサを含んで構成されたものである。

6. クレーム 1 に記載の光スイッチにおいて、

前記導光手段は、前記出力用光ファイバ中の光の一部を分岐して前記受光センサに受光させ得るように構成されている。

7. クレーム 6 に記載の光スイッチにおいて、

前記導光手段は、少なくとも一つの光路切換素子を介した光を取り込むための出力用光ファイバと、前記出力用光ファイバの出力端に配置され受光センサ用の

光と通信用の光とに分離するための光カップラと、前記受光センサ用のファイバに分離した光を受光センサに導くためのセンサ用ファイバと、を有して構成されている、

前記光路切換素子は、所定の周波数の駆動信号が与えられることにより、微小振動されるように構成されている。

8. クレーム7に記載の光スイッチにおいて、

前記光路切換素子は、前記微小振動が2方向となるように構成されている。

9. クレーム8に記載の光スイッチにおいて、

前記2方向に微小振動させるために前記光路切換素子に与えられる駆動信号は、周波数が異なっている。

10. 光スイッチは、以下を含む、

1または複数の入力用光ファイバの内の入力すべき前記入力用光ファイバから出射する光通信用の光を、1または複数の出力用光ファイバの内の出力すべき前記出力用光ファイバに入射させるために、光路を切り換える光路切換素子と、

受光センサと、

前記出力用光ファイバに入射させる光を前記受光センサに導く導光手段と、

前記受光センサで得た検出信号に基づいて前記光路切換素子の角度を調整させることにより、前記光の相対位置と角度との少なくとも一方を調整し得る制御手段。

## ABSTRACT

この発明は、1または複数の入力用光ファイバと、複数の出力用光ファイバと、が接続されていて、かつ、入力用光ファイバから出射する光通信用の光を、第2のガルボユニット及び第1のガルボユニットにより複数光路に切り換えて、出力すべき出力用光ファイバに入射させることができる光スイッチである。この光スイッチは、出力用光ファイバに入射させる光を受光センサに導く導光部と、導光部で得た検出信号に基づいて第2のガルボユニット及び第1のガルボユニットの角度を制御する制御部と、を含んで構成されている。